

Über die Bedeutung
mechanokardiographischer Untersuchungsmethoden
in der Diagnostik der Mitralstenose

von

Hans Behnsen

—
aus Hannover

1970

1970 № 161

Aus der Medizinischen Poliklinik der
Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. med. C. Korth

Über die Bedeutung mechanokardiographischer
Untersuchungsmethoden in der Diagnostik
der Mitralstenose

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Hans Behnsen
aus
Hannover

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

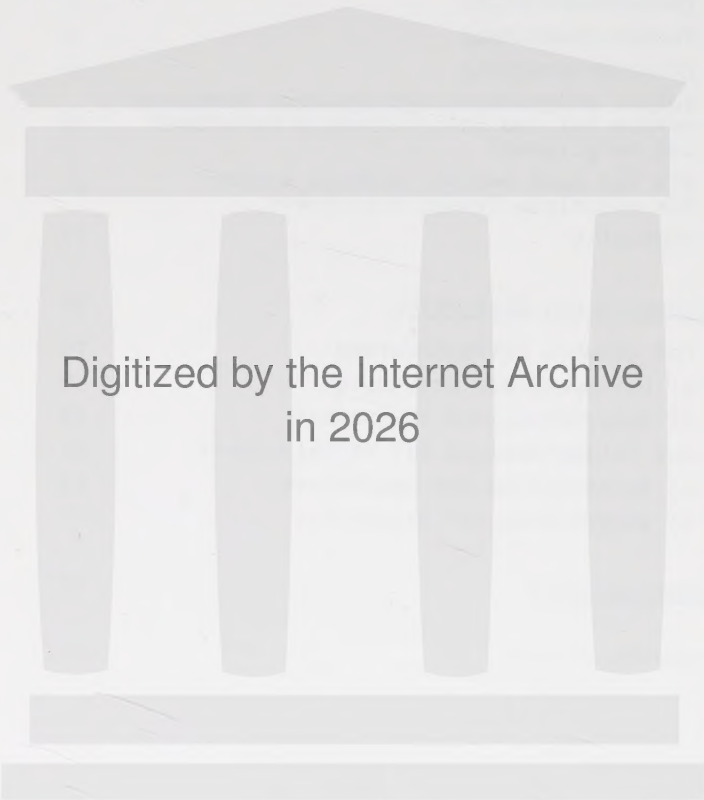


Dekan: Prof. Dr. med. H. Valentin
Referent: Prof. Dr. med. C. Korth
Korreferent:

Tag der mündlichen Prüfung: 27. Februar 1970

Meinen Eltern in Dankbarkeit
gewidmet.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
A) <u>Einleitung</u>	3
B) <u>Methodik</u>	4
1) Patientenmaterial	4
2) Versuchsanordnung	4
3) Untersuchungsgang	7
4) Welche mechanokardiographischen Parameter werden bei den Untersuchungen berechnet und verglichen?	10
5) Wie und nach welcher Methode werden die einzelnen Größen berechnet?	11
6) Statistik	17
C) <u>Ergebnisse und Diskussion</u>	18
1) Der gesunde Patientenstamm	18
a) Darlegung der Ergebnisse	18
b) Besprechung der Ergebnisse	22
2) Der Patientenstamm mit Mitralstenose	24
a) Beschreibung der Ergebnisse	24
b) Besprechung der Ergebnisse	27
D) <u>Zusammenfassung</u>	39
Literaturverzeichnis	40



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A) Einleitung

In den letzten Jahren sind zahlreiche Methoden zur Diagnostik der Mitralstenose beschrieben worden. Besonders haben dabei Methoden an Bedeutung gewonnen, die es mit Hilfe des Herzkatheters ermöglichen, differentialdiagnostische Rückschlüsse zu ziehen. Diese Methoden sind jedoch wenigen Spezialkliniken vorbehalten. Von den anderen, weniger eingreifenden Methoden, die auch an kleineren Kliniken durchgeführt werden können, haben die verschiedenen mechanokardiographischen Untersuchungsmethoden an Bedeutung gewonnen. Der Zusammenhang zwischen hämodynamischen Veränderungen der Mitralklappenfehler, speziell der Stenose, und bestimmten Kurven- und Zeitcharakteristika ist schon in den letzten Jahren mehrfach beschrieben worden. Dabei wird aber jeweils nur auf eine der verschiedenen mechanokardiographischen Untersuchungsmethoden eingegangen und ihre Bedeutung gewürdigt (1, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26a, 26b, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 45). Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, alle bekannten mechanokardiographischen Untersuchungsmethoden an gleichen Patienten durchzuführen, um dadurch klarzustellen, wie groß die Aussagekraft der verschiedenen Parameter und damit der Untersuchungsmethoden ist. Zu diesem Zweck sind in der Zeit vom 1.1.1968 - 31.12.1968 im Herzlabor der Medizinischen Poliklinik der Universität Erlangen-Nürnberg die bekanntesten mechanokardiographischen Untersuchungsmethoden bei einer Gruppe Herzgesunder und einer Gruppe Kranker mit Mitralstenose durchgeführt worden. Die vorliegende Arbeit beschreibt die dabei gemachten Ergebnisse und ordnet sie nach ihrer Wertigkeit.

B) Methodik

1) Patientenmaterial

- a) Für die Untersuchungen des Normalkollektivs ist es zweckmäßig erschienen, eine begrenzte Altersgruppe gleichen Geschlechtes auszuwählen. Dadurch werden alters- und geschlechtsbedingte hämodynamische Unterschiede von vornherein ausgeschlossen. So haben 24 Studenten im Alter von 19 bis 26 Jahren als gesunder Patientenstamm gedient. Die Normalwerte besonders "empfindlicher" Rechengrößen, z.B. Umformungszeit und Druckanstiegszeit, sind aus einem zusätzlichen Kollektiv von 180 gesunden Probanden errechnet worden. Ferner werden 12 Patienten weiblichen und männlichen Geschlechts mit Mitralstenose unterschiedlichen Schweregrades untersucht. Die Diagnose Mitralstenose ist durch vorausgegangene konventionelle und Herzkatheteruntersuchungen festgelegt worden.

2) Versuchsanordnung

Alle Messungen sind mit Hilfe des von der Firma Siemens AG entwickelten Gerätes Cardirex 6 durchgeführt worden (Abb. 1, Seite 5). Als Zusatzgeräte haben gedient:

- a) ein Herzschallmikrofon mit eingebautem Vorverstärker (Abb. 3, Seite 5),
- b) ein Pulszusatz, der mit einer Manschette versehen, der Abnahme des Carotispulses dient (Abb. 2, Seite 5),
- c) ein weiterer Pulszusatz zur Abnahme des Herzspitzenpulses und des Femoralispulses,
- d) ein Venuspulsabnehmer (Abb. 4, Seite 6),
- e) ein Ösophaguspulsabnehmer mit zusätzlicher Ekg-Elektrode (Abb. 5, Seite 6),
- f) ein Oscilloskop (Abb. 6, Seite 6).

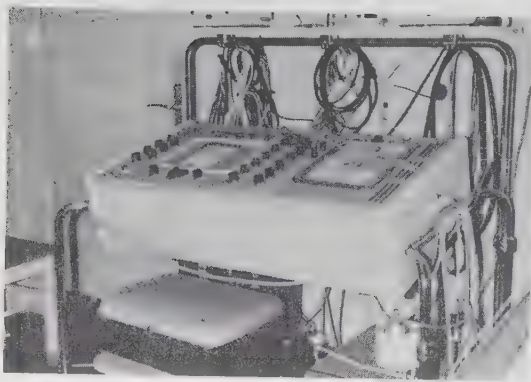


Abb. 1
Der Siemens
"Cardirex 6"

Abb. 2
Der Carotispuls-
abnehmer an der
Abnahmestelle



Abb. 3
Das Herzschatl-
mikrofon mit ein-
bautem Vorver-
stärker

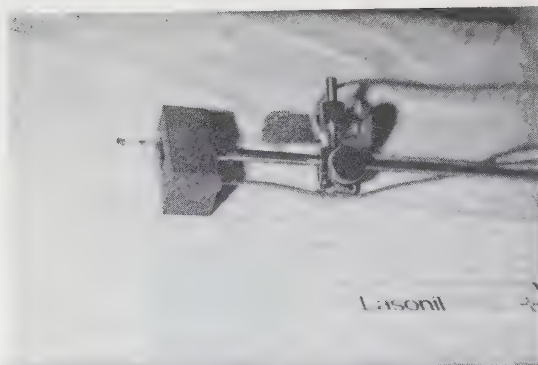


Abb. 4
Der Venienpuls-
abnehmer



Abb. 5
Ösophagussonde
mit Pulsabnehmer
und Ekg-Elektrode

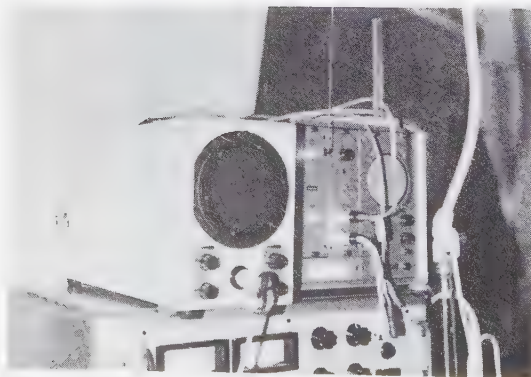


Abb. 6
Das Oscilloskop

3) Untersuchungsgang

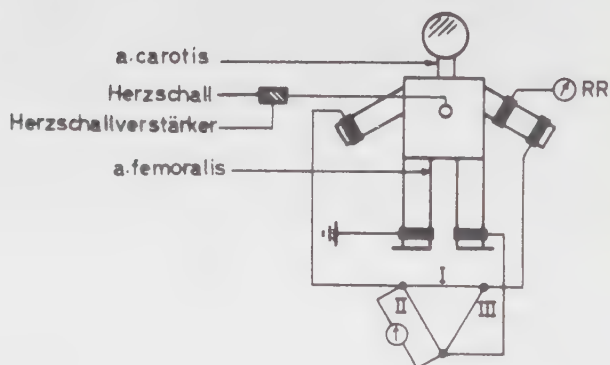
Die Messungen, die die Gesamtheit aller mechanokardiographischen Untersuchungsmethoden umfassen, sind grundsätzlich in drei Untersuchungsstufen durchgeführt worden, und zwar jeweils ca. 2 1/2 Stunden nach der letzten Mahlzeit des Patienten. Der Patient selbst verhält während der Messungen im expiratorischen Atemstillstand. Zunächst wird die Kreislaufdynamik durchgeführt. Zu diesem Zwecke wird das Extremitätenelektrokardiogramm angelegt, außerdem an die a.carotis der Pulsabnehmer (BOUCKE und BRECHT), über der rechten a.femoralis wird ein weiterer Pulsabnehmer installiert. Das Mikrofon zur Registrierung der Herztöne wird in Sternum-Mitte fixiert. Während der Messungen wird im Kanal 1 des Cardirex der Carotispuls aufgezeichnet, im Kanal 2 der Femoralispuls, im Kanal 3 die II. Ableitung des Extremitätenelektrokardiogramms, Kanal 4 bis Kanal 6 bleiben für das Phonokardiogramm mit den Filtern m_1 , m_2 und h_1 (Abb. 7, Seite 8).

In der sofort anschließenden zweiten Phase erfolgt die Abnahme des Herzspitzenstoßes und des Pulses der vena jugularis ext. Dazu wird der Cardirex umprogrammiert und zeigt nun im Kanal 1 den Herzspitzenstoß, im Kanal 2 den Venenpuls. Die Kanäle 3 bis 6 schreiben das Programm wie bei der ersten Anordnung.

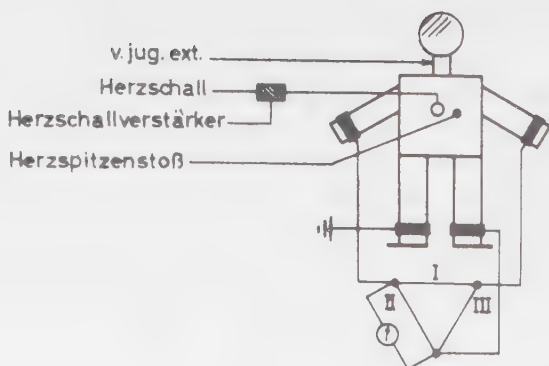
Die dritte Stufe stellt den schwierigsten Untersuchungsteil dar. Zunächst werden wieder die ersten beiden Kanäle des Cardirex umprogrammiert: sie registrieren nun das Ösophagus-Elektrokardiogramm in Höhe des linken Vorhofes und den Ösophaguspuls, ebenfalls in Höhe des linken Vorhofes.

Abb. 7 Versuchsanordnung der mechanocardiographischen Untersuchungsmethoden

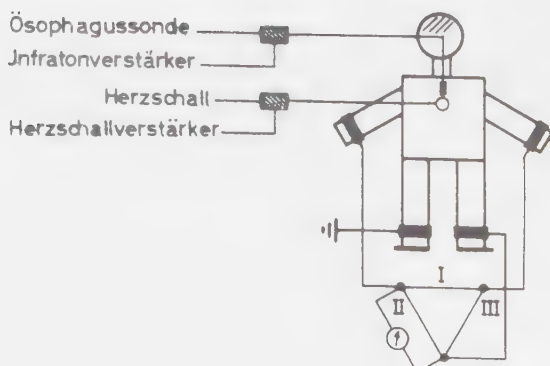
1. Methode:



2. Methode:



3. Methode:



Bei der praktischen Ausführung dieser mechanokardiographischen Untersuchung ist es erforderlich, eine kabelartige, ca. 5 mm im Durchmesser starke Ösophagussonde mit Puls- und Ekg-Abnehmer in die Speiseröhre des Patienten einzuführen, d.h. nach BJÖRK (4) die Dynamik des linken Vorhofes indirekt zu bestimmen. VAN DEN HEUVEL-HEYMANS (42) beschreibt, daß Ösophagusabnehmer nur mit gewissen Schwierigkeiten, unter Umständen mit Hilfe eines Lokalanästhetikums einzuführen sind. Abweichend von dieser Feststellung können wir bei der Einführung der Sonde keine besonderen Schwierigkeiten beobachten. Bei geschicktem Einführen des Kabels vertragen alle Patienten, gesunde wie kranke, auch ohne Lokalanästhetikum diesen kleinen Eingriff gut, besonders wenn man den Patienten über den Sinn und die Art der Untersuchung aufklärt und ihn dadurch beruhigt. Der Geschmack des Lokalanästhetikums wird als unangenehm empfunden.

Bei der Einführung der Ösophagussonde sitzt der Patient auf dem Untersuchungstisch. Nach kurzer Inspektion des Rachenraumes und Entfernung eventuell vorhandener Zahnprothesen wird der Abnehmer an den Cardirex angeschlossen und dann erst in den Schlund gesteckt. Nach kurzer Gewöhnung an den Fremdkörper legt sich der Patient normal auf den Rücken und es erfolgt die Messung. Dabei hält der Patient das Kabel mit den Lippen fest. Durch Ziehen oder Schieben kann man dann die richtige Höhe an den Aufzeichnungen von Puls und Ösophagus-Ekg feststellen. Nach erfolgter Messung zieht der Patient selbst den Ösophagusabnehmer wieder heraus.

4) Welche mechanokardiographischen Parameter werden bei den Untersuchungen berechnet und verglichen?

Bei allen Probanden sind folgende Rechengrößen ermittelt worden:

Tabelle I

Nr.	Parameter	Abkürzung	gemessen in
1	Diastolendauer	D	msec
2	Gesamtsystolendauer	A + S	msec
3	Umformungszeit	UZ	msec
4	Austreibungszeit	S	msec
5	Anspannungszeit	A	msec
6	Druckanstiegszeit	DAZ	msec
7	hämodynamischer Quotient	$Q = S/A$	ohne Dimension
8	Pulsperiodendauer	T	msec
9	Frequenz	F	Schläge pro Min.
10	relative Austreibungs-S rel zeit		in %
11	Pulswellengeschwindigkeit	c	m/sec
12	Blutdruckverhältnis	Ps/Pd	ohne Dimension
13	mittlerer Blutdruck	Pm	mm Hg
14	Winkelverhältnis	TW/TA	ohne Dimension
15	Entspannungszeit	EZ	msec
16	schnelle Füllungszeit	sFz	msec
17	Amplitudenverhältnis	Am	ohne Dimension
18	Zeitdauer der Vorhofkontraktionswelle	VK	msec
19	Zeitdauer der Ventrikelkontraktionswelle	VZ	msec
20	Zeitdauer der Vorhofauffüllungswelle	VA	msec
21	Tricuspidalöffnungszeit	II-D	msec
22	Quotient	Vs/sFz	msec
23	Mitralöffnungston (nur bei Patienten mit Mitralstenose)	MÖT	msec

5) Wie und nach welcher Methode werden
die einzelnen Größen berechnet?

- 1) D = Vom Beginn des II. Herztones bis zum
Diastole: Beginn der Q-Zacke im Ekg (nach
BLUMBERGER)
- 2) A + S = Vom Beginn der Q-Zacke bis zum Beginn
Systole: des II. Herztones (nach BLUMBERGER)
- 3) UZ = Vom Beginn der Q-Zacke bis zum Haupt-
Umformungszeit: segment des I. Herztones (nach
HOLLDACK)
- 4) S = Vom Carotispulsanstieg bis zur
Austreibungszeit: Incisur der Carotispulskurve
- 5) A = Differenz aus Gesamtsystole und
Anspannungszeit: Austreibungszeit (BLUMBERGER)
- 6) DAZ = Differenz aus Anspannungszeit und
Druckanstiegszeit: Umformungszeit (HOLLDACK, BLUMBERGER)
- 7) Q = S/A Quotient aus Austreibungszeit
systolischer und Anspannungszeit (BLUMBERGER)
Quotient:
- 8) T = Summe aus Diastole und Systole
Pulsperiodendauer:
- 9) F = ermittelt aus der Pulsperiodendauer
Herzschläge pro nach der Formel $F = \frac{60000}{T}$
Minute:
- 10) S rel = Alle Befunde, die auf der Regressions-
relative Aus- geraden ($S \text{ regr} = 389,4 - 1,44 \cdot F$)
treibungszeit: liegen, entsprechen einem relativen
Wert von 100 %. Die relative Austrei-
bungszeit berechnet sich dann nach
der Formel
$$S \text{ rel} = 100 - \frac{100 (S \text{ regr} - S)}{S \text{ regr}}$$
- 11) c = s/ Δ t (BROEMSER und RANKE)
Pulswellenge- a) s: Weg in cm von der Abnahmestel-
schwindigkeit: le des Carotispulses bis zur Ab-
nahme-
stelle des Femoralispulses.
b) Δ t: Zeitdifferenz zwischen dem Fuß-
punkt der Carotispulskurve und der
Femoralispulskurve.

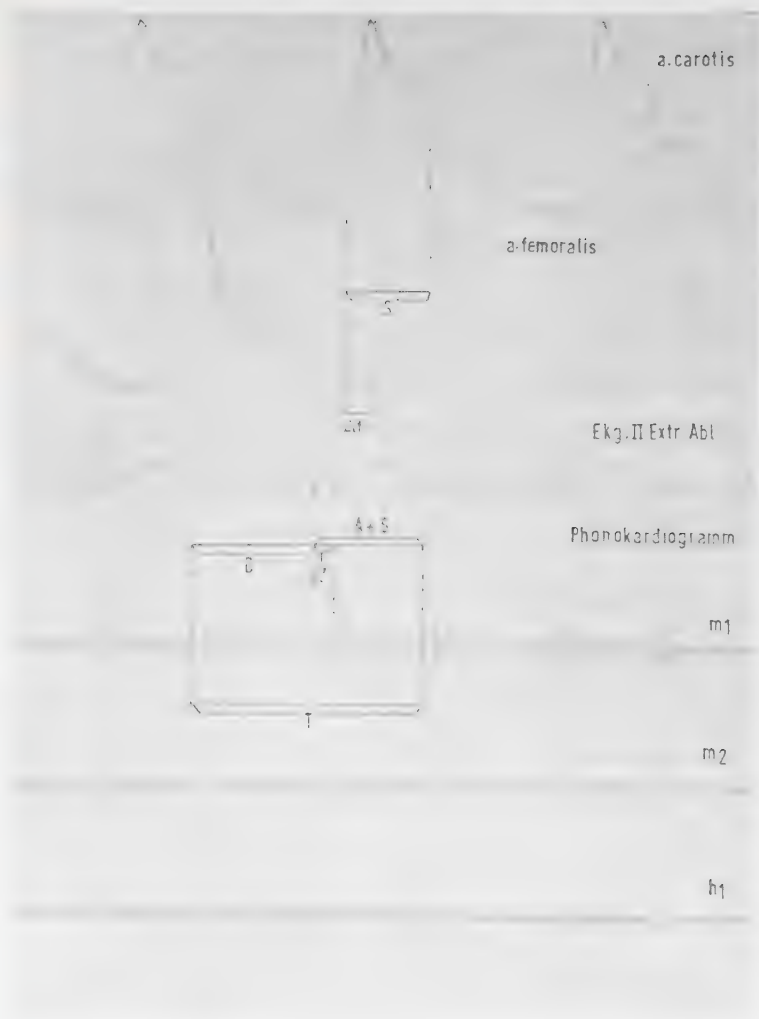


Abb. 8

Registrierprogramm zur Bestimmung der verschiedenen zeitlichen Kontraktionsphasen - I. Teil

- 12) Δp = Blutdruck-
amplitude: Blutdruckdifferenz aus systolischem
und diastolischem Blutdruck (RIVA-
ROCCI)
- 13) P_m = Berechnet nach der Formel $P_m = P_d +$
mittlerer $+ 0,43 \cdot \Delta p$ (nach WEZLER)
Blutdruck:
- 14) $TW/TA =$ TW = Winkel zwischen der Horizon-
Winkelverhältnis talen durch den Nullpunkt und der
gemessen in der Geraden, die den Nullpunkt mit dem
Herzspitzenkurve: letzten Punkt der isometrischen Kon-
traktionsphase verbindet (siehe
Abb. 9, Seite 14).
Der Winkel wird nach KUNOS und BODOR
(25) als der totale Winkel bezeichnet.
TA = Winkel zwischen derselben Hori-
zontalen und der Tangente, die im
Nullpunkt an die dort beginnende
Welle gelegt wird (Abb. 9, Seite 14).
- 15) EZ = Zur Messung der Entspannungszeit wird
Entspannungszeit: die Methode nach LUISADA (31) modifi-
ziert von HARTMANN (31) benutzt. (Be-
ginn des II. Tones im Phonokardiogramm
bis zum Nullpunkt im linksventriku-
lären Mechanokardiogramm, der die
Öffnung der Mitralklappe markiert.)
- 16) sFz = Die Phase der schnellen Füllungszeit
schnelle Füllungs- ist ebenfalls nach HARTMANN von 0 bis
zeit: F (filling) an der linksventrikulä-
ren Spitzenstoßkurve (bei Gesunden)
gemessen worden.
- 17) A_m = Dieses Symbol drückt das Verhältnis
Amplitude: der einzelnen Amplituden der Wellen
Vorhofkontraktionswelle : Ventrikel-
kontraktionswelle : Vorhofauffüllungs-
welle aus, wobei die Amplitude der
Vorhofkontraktionswelle als Bezugs-
amplitude dient.

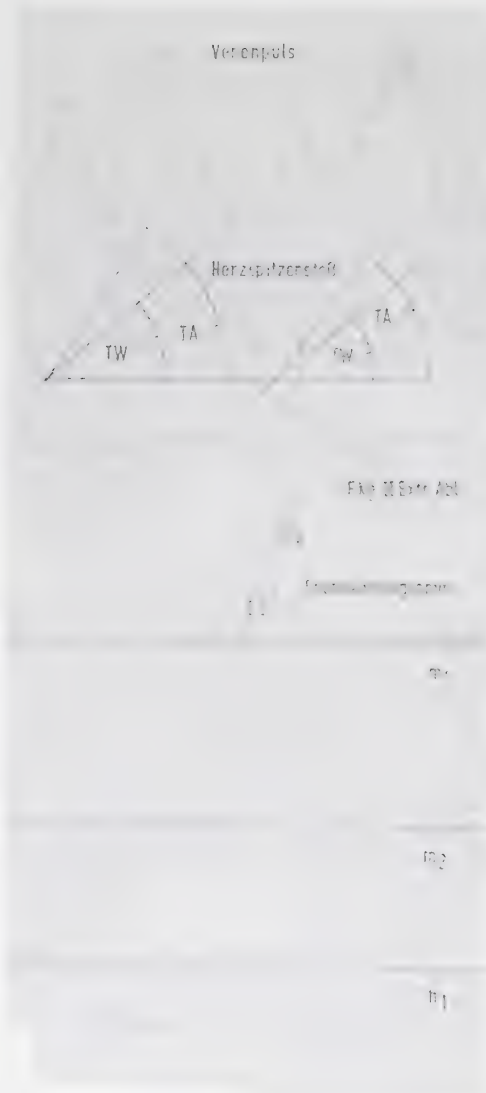


Abb. 9

Registrierprogramm zur Bestimmung der verschiedenen zeitlichen Kontraktionsphasen - II. Teil

Der im Ösophagus abgeleitete normale linke Vorhofpuls zeigt einen dreiweligen Verlauf. Die individuellen Variationen dabei sind nach FRIESE (12) nur gering.

Seine Meßmethode wird aufgegriffen und Amplitude und Dauer der genannten Wellen wie folgt ausgemessen:

- | | |
|---|--|
| 18) VK =
Vorhofkontraktionswelle: | a) Dauer:
Beginn: 0,04 bis 0,06 sec, durchschnittlich 0,05 sec nach Beginn der P-Zacke des Elektrokardiogramms.
Ende: Beginn von Ventrikelkontraktionswelle. |
| | b) Höhe: max. Amplitude, gemessen zwischen Gipfel und Basis der Welle. |
| 19) VZ =
Ventrikelkontraktionswelle: | Beginn: mit absteigendem Schenkel der R-Zacke des Elektrokardiogramms (durchschnittlich 0,05 sec nach der Q-Zacke).
Höhe: max. Amplitude, gemessen zwischen Gipfel und Basis der Welle. |
| 20) VA =
Vorhofauffüllungswelle: | Meistens die höchste der drei Wellen. Sie beginnt mit dem Ende der Ventrikelkontraktionswelle. |
| 21) II-D =
Tricuspidalöffnungszeit: | Abstand des Pulmonalanteiles des II. Tones im Phonokardiogramm bis zum Gipfel der d-Welle in der Venenpuls-kurve. |
| 22) Vs/sFz = | Dieser Quotient gibt das Verhältnis des Schlagvolumens zur schnellen Füllungszeit an. Das Schlagvolumen errechnet sich nach BROEMSER-RANKE wie folgt: |

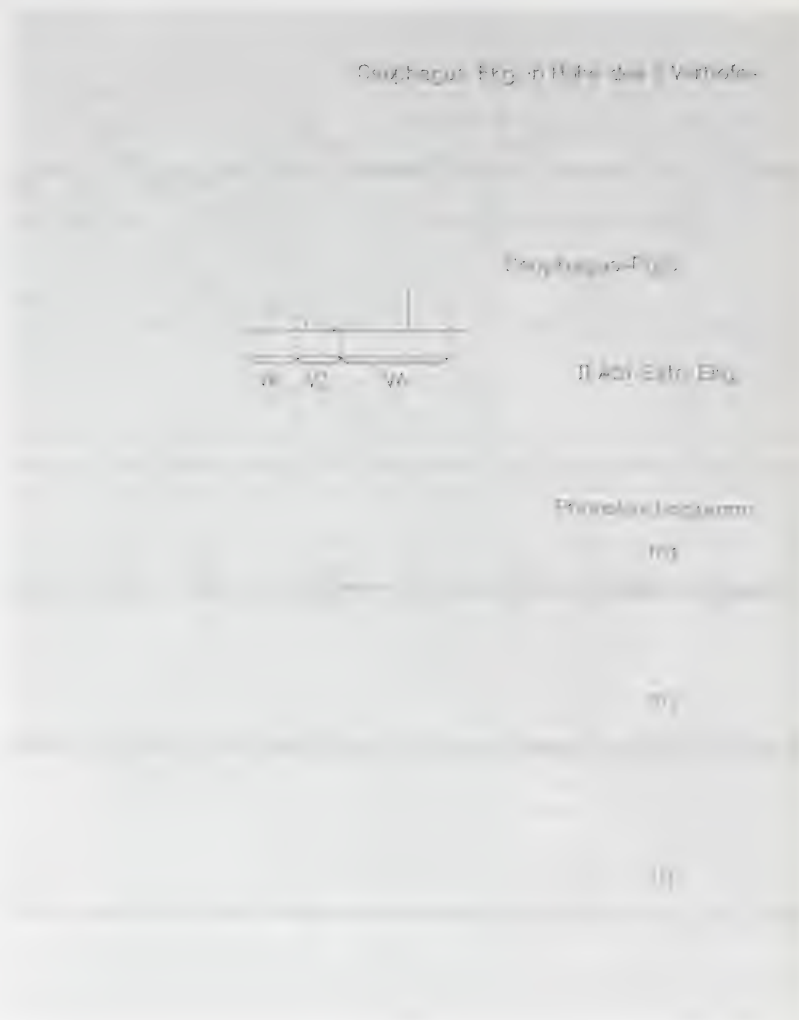


Abb. 10

Registrierprogramm zur Bestimmung der verschied-
 enen Schichtstärken der Atmosphäre - 1971 - 1972

$$V_s = \frac{Q \cdot 1,33 \cdot \Delta p \cdot S \cdot T}{2 \cdot 1,06 \cdot c \cdot (D + A)}$$

Q = Aortenklappenfläche berechnet
nach H. FRUCHT (13)

p = Differenz von Ps und Pd

23) MÖT =
Mitralöffnungs-
ton:

Stellt die Zeit des Erscheinens des
Mitralöffnungstones nach Beginn des
II. Herztones dar.

6) Statistik

Die verschiedenen Parameter werden als Mittelwert aus je 10 Einzelmessungen errechnet. Aus diesen individuellen Durchschnittswerten (x) ergibt sich der für das Kollektiv typische Durchschnittswert

$$m = \frac{\sum x}{n} \quad .$$

σ ist definiert als der Abstand des Wendepunktes der Gauß'schen Verteilungskurve und wird berechnet nach der Formel:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x)^2}{n - 1}}$$

wobei Δx die Abweichung des Einzelwertes vom Mittelwert ist. Bei den Berechnungen werden die 1σ -Grenze und die 2σ -Grenze festgestellt.

Zur Charakterisierung des Normalbefundes wird im allgemeinen der Bereich $m \pm 2\sigma$ angewendet; gruppieren sich jedoch im Bereich $m \pm 1\sigma$ bereits mehr als 75 % der Werte, so wird bereits der engere Bereich zu Vergleichszwecken verwendet. Bei der Diskussion, ob Messungen aus dem Kollektiv der Mitralstenose vitiumtypisch sind oder nicht, wird folgendermaßen vorgegangen:

- 1) alle Werte des kranken Patientenstammes, die außerhalb $m \pm 2\sigma$ des gesunden Patientenstammes liegen, sind eindeutig vitiumtypisch.

- 2) alle Werte des kranken Patientenstammes, die innerhalb des Bereiches $m \pm 1 \sigma < m \pm 2 \sigma$ liegen, sind verdächtig bis hochgradig verdächtig.
- 3) alle Werte des kranken Patientenstammes, die innerhalb des Bereiches $m \pm 1 \sigma$ liegen, besitzen keine Aussagekraft.

C) Ergebnisse und Diskussion

1) Der gesunde Patientenstamm

a) Darlegung der Ergebnisse

Für die Diastole (D) wird beim gesunden Patientenstamm eine Zeit von 518 msec im Durchschnitt errechnet. Alle Werte bewegen sich im Bereich von 282 bis 824 msec, im Bereich von $m \pm 1 \sigma$ (von 370 bis 666 msec) liegen bei 24 untersuchten Patienten 16 Probanden, im Bereich $m \pm 2 \sigma$ (von 222 bis 814 msec) liegen 24 Patienten, $\sigma = 148$. Die Messungen für die Gesamtsystolendauer (A + S) haben einen Durchschnittswert von 390 msec ergeben, wobei alle Werte innerhalb 336 bis 430 msec liegen. Innerhalb der Grenzen $m \pm 1 \sigma$ (von 363,5 bis 416,5) gruppieren sich von 24 Untersuchten 13, innerhalb der Grenzen $m \pm 2 \sigma$ (von 337 bis 443) 23 Patienten. Bei der Umformungszeit (UZ) wird zusätzlich ein weiteres Kollektiv von 180 gesunden Probanden zur Charakterisierung des Normalbereiches benutzt. Dabei ist für die Dauer der Umformungszeit ein Durchschnittswert von 62,15 msec errechnet worden. Innerhalb der Grenzen $m \pm 2 \sigma$ (36,66 bis 87,67) finden sich von den insgesamt 204 Werten immerhin 91,7 % der Befunde. Der höchste Wert liegt bei 108 msec, der niedrigste bei 50 msec. Für die Austreibungszeit (S) haben die Berechnungen bei den gesunden Patienten einen Durchschnittswert von 295 msec ergeben; alle liegen im Bereich von 250 bis 335 msec. Von den 24 Patienten ($\sigma = 24,7$) befinden sich die Meßergebnisse von 17 Patienten im Be-

reich $m \pm 1 \sigma$ (von 270,3 bis 319,7), im Bereich $m \pm 2 \sigma$ (von 245,6 bis 344,4) liegen alle Probanden. Die Werte der Anspannungszeit (A) ergeben einen Durchschnittswert von 95,8 msec, $\sigma = 24$. Alle Werte bewegen sich zwischen 56 msec und 120 msec. Diese Werte entsprechen denen anderer Autoren, z.B. werden in der Züricher Klinik Werte von 0,07 bis 0,11 sec als die Regel angesehen. BLUMBERGER (6) spricht von Werten innerhalb des Bereiches von 0,05 bis 0,10 sec. Bei den vorliegenden Messungen liegen von 24 Patienten innerhalb des Bereiches $m \pm 1 \sigma$ (17,8 bis 119,8) 19 Patienten. Innerhalb des Bereiches $m \pm 2 \sigma$ (47,8 bis 143,8) liegen 22 Patienten aller Untersuchten. Bei der Druckanstiegszeit (DAZ) ergeben sich Werte im Bereich 3 msec bis 48 msec, bei einem Mittelwert von 30,425. Auch bei diesen Werten sind wegen der genaueren Berechnungsbasis außer den vorliegenden Untersuchungen die Ergebnisse von 180 weiteren Probanden ($\sigma = 11,175$) herangezogen worden. Innerhalb des Bereiches $m \pm 2 \sigma$ (8,075 bis 52,775) liegen 95 % aller Patienten. Der häodynamische Quotient (Q) = Austreibungszeit/Anspannungszeit zeigt einen Mittelwert von 3,12. $\sigma = 0,72$. Innerhalb der Grenzen $m \pm 2 \sigma$ (1,716 bis 4,524) finden sich bei 24 Untersuchten 22, innerhalb $m \pm 1 \sigma$ (2,418 bis 3,822) bewegen sich die Werte von 20 Patienten. Für die Pulsperiodendauer (T) sind Zeiten von 105,1 msec bis 1254 msec anzugeben bei einem Mittelwert von 712 msec. $\sigma = 347$. Innerhalb des Bereiches von $m \pm 1 \sigma$ (365 bis 1059) fallen bereits 16 Patienten aller Untersuchten. Die Frequenz (F)-Berechnungen ergeben bei den gesunden Patienten Werte von 48 bis 95 bei einem Durchschnitt von 68,1 Schlägen pro Minute. $\sigma = 12,8$. Innerhalb des Bereiches $m \pm 1 \sigma$ (55,3 bis 80,9) lassen sich von 24 Patienten 17 einordnen, innerhalb des Bereiches $m \pm 2 \sigma$ (42,5 bis 93,7) 23 Patienten. Bei der relativen Austreibungs-

zeit (S_{rel}) finden sich als Ergebnisse Werte von 91,4 bis 108 % bei einem berechneten Mittelwert von 101 %. Innerhalb des Bereiches $m \pm 1 \sigma$ (96,8 bis 105,2) liegen 17 Patienten, im Bereich $m \pm 2 \sigma$ (92,6 bis 109,4) 23 Patienten. Die Pulswellengeschwindigkeit (c) bewegt sich bei den gesunden Patienten zwischen 4,4 m/sec und 6,8 m/sec. Der Mittelwert liegt bei 5,53. Bei $\sigma = 0,65$ m/sec liegen innerhalb der Grenzen $m \pm 2 \sigma$ (4,88 bis 6,18) 16 Patienten, innerhalb $m \pm 2 \sigma$ (4,23 bis 6,83) 24 Patienten. Das Winkelverhältnis (TW/TA) ergibt bei den Gesunden Werte innerhalb 0,26 bis 0,7 bei einem Mittelwert von 0,498. σ beträgt 0,1326, innerhalb des Bereiches $m \pm 1 \sigma$ (0,365 bis 0,6306) liegen bei 10 Untersuchungen 8 Patienten, innerhalb $m \pm 2 \sigma$ (0,2328 bis 0,7632) 10 Patienten. Die Entspannungszeit (EZ) dauert bei den Gesunden im Durchschnitt 121 msec lang. Es kommen Werte innerhalb 96 msec bis 156 msec vor. Bei $\sigma = 17,7$ liegen innerhalb $m \pm 1 \sigma$ (103,3 bis 138,7) 20 Patienten, im Bereich $m \pm 2 \sigma$ (85,6 bis 156,4) alle Patienten. Für die schnelle Füllungszeit (sFz) errechnet sich ein Mittelwert von 110 msec bei Werten von 76 bis 164 msec. $\sigma = 27,4$. 12 Patienten zeigen Befunde im Bereich $m \pm 1 \sigma$ (82,6 bis 137,4), im Bereich zwischen $m \pm 2 \sigma$ (55,2 bis 164,8) liegen alle Patienten. Die Amplitudenverhältnisse der Vorhofkontraktionszacke : Ventrikelkontraktionszacke : Vorhofauffüllungszacke ergeben im Durchschnitt bei den Gesunden ein Verhältnis von 1 : 1,014 : 1,153. Diese Maße sind relativ. Die Dauer der Vorhofkontraktionswelle (VK) beträgt bei den gesunden Patienten im Durchschnitt 315 msec, die Dauer der Ventrikelkontraktionswelle (VZ) im Durchschnitt 179 msec und die der Vorhofauffüllungswelle (VA) 320 msec. Der Quotient Vs/sFz ergibt bei einem Mittelwert von 1,01 eine Streubreite zwischen $m \pm 2 \sigma$ (0,27 bis 1,75).

Tabelle II: Mittelwerte und Streubreiten der Parameter bei Herzgesunden

	n	m	σ	$m \pm 1 \sigma$	$m \pm 2 \sigma$	
1. D Druckanstiegszeit	24	518	148	370-666	222-814	msec
2. A + S Gesamtsystolendauer	24	390	26,5	363,5-416,5	337-443	msec
3. UZ Umformungszeit	24	62,15	12,745	49,405-74,895	36,66-87,67	msec
4. S Austreibungszeit	24	295	24,7	270,3-319,7	245,6-344,4	msec
5. A Anspannungszeit	24	95,8	24	71,8-119,8	97,8-143,8	msec
6. DAZ Druckanstiegszeit	24	30,425	11,175	19,25-41,605	8,075-52,775	msec
7. Q hämodyn. Quotient	24	3,12	0,702	2,418-3,822	1,716-4,524	./.
8. T Pulsperiodendauer	24	712	347	365-1059	18-1406	msec
9. F Frequenz	24	68,1	12,8	55,3-80,9	42,4-93,7	min ⁻¹
10. S rel rel. Austreibungszeit	24	101	4,2	96,8-105,2	92,6-109,4	%
11. c Pulswellengeschwindigk.	24	5,53	0,65	4,88-6,18	4,23-6,83	m/sec
12. $\frac{P_s \text{ syst. Blutdruck}}{P_d \text{ diast. Blutdruck}}$	24	$\frac{134}{80,3}$	$\frac{18,5}{8,8}$	$\frac{115,5}{71,5} - \frac{152,5}{89,1}$	$\frac{97}{62,7} - \frac{171}{97,9}$	./.
13. Pm mittlerer Blutdruck	24	101	10,1	90,9-111,1	80,8-121,2	mm Hg
14. TW/TA Winkelverhältnis	24	0,498	0,1326	0,365-0,6306	0,2328-0,7632	./.
15. EZ Entspannungszeit	24	121	17,7	103,3-138,7	85,6-156,4	msec
16. sFz schnelle Füllungszeit	24	110	27,4	82,6-137,4	55,2-164,8	msec
17. VK Vorhofkontraktionswelle	21	315	140	175-455	35-595	msec
18. VZ Ventrikelkontraktionswelle	21	179	70,1	108,9-249,1	38,8-319,2	msec
19. VA Vorhofauffüllungszacke	21	320	87	233-407	146-494	msec
20. II-D Tricuspidalzeit	24	114	32,2	81,8-146,2	49,6-178,4	msec
21. Vs/sFz	24	101	0,37	0,64-1,38	0,27-1,75	./.

b) Besprechung der Ergebnisse

Je länger die Diastolendauer (D) ist, desto besser ist die Erholung des Herzmuskels, desto größer seine Kraft, desto kürzer die Anspannungszeit und desto größer ist seine Arbeitsleistung durch bessere Ventrikelfüllung. So fassen BLUMBERGER (6, 7) und HOLLDACK (18) die die Diastolendauer beeinflussenden Faktoren zusammen. BLUMBERGER (6) und JUNG (21) weisen eine Beziehung zwischen Diastolendauer und Austreibungszeit (S) nach, insofern diese linear mit dem Logarithmus der Diastolendauer zunimmt. Diese Feststellungen werden durch die vorliegenden Messungen bestätigt.

Der Mittelwert der Gesamtsystolendauer (A + S) von 390 msec stützt durchaus die Angaben anderer Autoren (18). Nach BLUMBERGER (5, 6, 7) ist die Systolendauer (A + S) stark frequenzabhängig, was bei interindividueller Betrachtung und auch bei der Betrachtung der Patientengruppen untereinander bestätigt wird. Die Umformungszeit (UZ), die die erste, nicht isometrische Phase der Anspannungszeit darstellt, ist nach BLUMBERGER (7) und HOLLDACK (17, 18) vor allem abhängig vom Füllungsdruck und auffallend unabhängig von der Frequenz. Auch in dieser Arbeit läßt sich zwischen der Umformungszeit (UZ) und der Frequenz (F) keinerlei Beziehungen erkennen.

Die Dauer der Austreibungszeit (S) hängt nach BLUMBERGER (6, 8) von der Menge des auszuwerfenden Blutes, vom peripheren Widerstand und von der Kraft des Herzmuskels ab. Die Beziehungen der Austreibungszeit (S) zur Diastole werden bereits oben dargestellt: je länger die Diastole (D), umso größer die Füllung des Herzens, desto länger die Austreibungszeit. Weiterhin korreliert die Länge der Austreibungszeit auch mit der Länge der Systole. Sie verändert sich mit dieser in gleicher Richtung (6).

Zur Beurteilung der Austreibungszeit (S) empfiehlt es sich, die starke Frequenzabhängigkeit zu berücksichti-

gen (5, 26a, 31). Der Mittelwert eines herzgesunden Vergleichskollektivs liegt bei 100 %, was sich weitgehend mit den Angaben in der Literatur (5, 26a, 31) deckt, in der bei großen Kollektiven eine mittlere rel. Austreibungszeit von 100 % angegeben wird.

Es ist anzunehmen, daß die Dauer der Anspannungszeit (A) wesentlich von der vorhergehenden Diastole bestimmt wird. Denn je länger diese ist, desto besser wird die Erholung des Herzmuskels sein, desto größer also auch die in der Systole vorhandene Kraft. Das heißt, bei langer Diastole wird die Anspannungszeit kurz, bei kurzer Diastole lang sein. Die Feststellung (6, 8) wird von uns bestätigt. Die Befunde der Druckanstiegszeit (DAZ) stimmen mit denen HOLLDAK's (17) weitgehend überein.

Der hämodynamische Quotient ($Q = S/A$) wird immer dann kleiner, wenn die Kammerfüllung vermindert, und größer, wenn das Blutangebot gesteigert ist. Der Durchschnittswert liegt für Herzgesunde bei 3,12, was den Beobachtungen anderer Autoren (5, 26b) entspricht.

Das Winkelverhältnis TW/TA fällt durch eine sehr niedere Streubreite auf. Der Mittelwert (0,498) differiert erheblich von den Befunden KUNOS und BODOR's (25), bei denen das normale Winkelverhältnis 1,2 bis 2,9 ergibt. Der Mittelwert dieser Untersuchungen liegt um mehr als die Hälfte niedriger, was aber mit den Angaben BENCHIMOL's (3), der von einem Bereich von 0,41 bis 0,90 bei einem Durchschnitt von 0,68 spricht, sehr gut übereinstimmt.

Die Angaben über die Amplitudenverhältnisse der "Vorhofwellen" sind dadurch entstanden, daß unabhängig von der absoluten Höhe der Vorhofkontraktionszacke, diese mit dem Faktor 1 belegt wird und ihre Höhe als Bezugsmaßstab für die Höhe der folgenden Ventrikelkontraktionszacke und Vorhofauffüllungswelle genommen wird. Wir stellen fest, daß im Durchschnitt die Ventrikelkontraktionszacke bei

den untersuchten Gesunden etwas höher ist als die Vorhofkontraktionszacke und sich die Vorhofauffüllungswelle noch deutlicher von der Vorhofkontraktionswelle abhebt. FRIESE (12) gibt das Verhältnis der drei Wellenhöhen bei Herzgesunden mit $1 : 1,11 : 1,44$ an, was zumindest in der Tendenz diesen Ergebnissen entspricht ($1 : 1,014 : 1,153$).

2) Der Patientenstamm mit Mitralstenose

- a) Beschreibung der Ergebnisse (Tabelle IIIa, b, Seite 25/26)
Bei der Diastolendauer (D) wird ein Durchschnittswert von 380 msec errechnet, wobei die Einzelwerte zwischen 207 und 506 msec schwanken. Die Standardabweichung beträgt 82,8. Für die Gesamtsystolendauer (A + S) ergeben die Messungen Werte von 303 bis 440 msec bei einem Durchschnitt von 386 und einem σ von 40 msec.

Die Umformungszeit (UZ) liegt zwischen 56 und 110 msec, ihr Mittelwert bei 79,5 msec. Die Austreibungszeit (S) dauert im Durchschnitt 272 msec lang und schwankt recht hoch zwischen 212 und 337 msec. Die frequenzbezogene Austreibungszeit (S_{rel}), die eine weit größere Aussagekraft besitzt, liegt im Mittel bei 98,5 %. Eine ebenfalls hohe Schwankungsbreite zeigt die Anspannungszeit (A). Die Einzelbefunde liegen zwischen 83 und 182 msec. Das Winkelverhältnis (TW/TA) zeigt einen Durchschnittswert von 1,31 bei Schwankungen der Einzelbefunde zwischen 0,975 und 2,1. Die Werte der Entspannungszeit (EZ) liegen zwischen 90 und 156 msec (der Durchschnitt bei 117 msec), die Werte der schnellen Füllungszeit (sFz) zwischen 5,1 und 168 msec (im Durchschnitt 75,8 msec).

Beim Vergleich der Amplituden, die bereits oben beschrieben werden, ergibt sich ein durchschnittliches Verhältnis der Vorhofkontraktionszacke : Ventrikelkontraktionszacke : Vorhofauffüllungszacke von $1 : 1,34 : 1,334$. Die durchschnittliche Dauer der Vorhofkontraktionszacke beträgt 195 msec und streut zwischen 120 und 504 msec. Die Messung der Vorhofkontraktionszacke ist nur bei 9 Patienten möglich. Die mittlere Dauer der Ventrikelkontraktion

Tabelle III a: Einzelbefunde sowie Mittelwerte und Streuung verschiedener hämodynamischer Parameter bei Patienten mit Mitralklappenstenose

	D	A + S	UZ	S	A	DAZ	Q	T	F	S rel	c
1) R.B.	397	403	81,6	274	129	47,4	2,12	800	75	77,1	4,8
2) C.R.	364	422	100	301	122	22	2,54	761	79	109,75	6,1
3) H.G.	500	400	96	280	120	24	2,34	900	66,8	96,1	4,75
4) K.B.	398	351	73	252	99	26	2,54	749	80,5	94,98	4,85
5) K.K.	506,2	440	82,5	337	103	20,5	3,28	926	65	114,4	4,55
6) A.K.	320	440	70	248	105	35	2,37	673	89	95,6	7,8
7) B.B.	320	355	86	212	143	57	1,54	675	89	83	5,8
8) A.M.	433	390	74	295	95	21	3,1	823	73	103,57	6,05
9) M.S.	324	374	80	288	86	26	3,325	698	86	108,93	6,25
10) M.B.	388	372	69	280	92	23	3,05	760	79	102,05	6,9
11) E.W.	207	303	74	220	83	9	2,65	510	118	101,2	5,6
12) M.M.	410	394	94	282	182	88	1,55	874	68,5	97,44	5,85
m	380	386	82,0	272	111	33,2	2,53	760	80,5	98,5	5,8
σ	82,8	40	13,7	34,9	29,5	20	0,61	127,5	14,25	10,75	0,96
m ± 1 σ	297,2 - 462,8	346 - 426	68,3 - 95,7	237,1 - 316,9	81,5 - 140,5	13,2 - 53,2	1,92 - 3,14	632,5 - 887,5	66,25 - 94,75	87,75 - 109,25	4,84 - 6,76
m ± 2 σ	214,2 - 545,8	306 - 466	54,6 - 109,4	202,2 - 341,8	52 - 170	7 - 73,2	1,31 - 3,75	505 - 1015	52 - 109	77,0 - 120	3,88 - 7,72

Tabelle III b: Einzelbefunde sowie Mittelwerte und Streuung verschiedener hämodynamischer Parameter bei Patienten mit Mitralklappenstenose

	Pd / Ps		Pm	TW/TA	EZ	sFz	VK	VZ	VA	II-D	VS/sFz	MÖT
1) R.B.	160	90	120,1	1,26	156	28	336	144	314	200	5,65	107
2) C.R.	150	90	115,8	1,44	90	72	348	98	194	70	0,166	85,7
3) H.G.	165	90	122,25	2,1	140	140	348	304	344	165	1,21	100
4) K.B.	150	90	115,8	1,16	102	5,1				160	2,8	89
5) K.K.	130	100	112,9	1,08	104	60	120	120	120	105	0,375	92
6) A.K.	140	100	117,2	1,11	106	60		512	166	95	0,87	94
7) B.B.	150	100	127,2	1,25	104	68	344	252	156	140	0,853	100
8) A.M.	120	60	85,8	0,975	120	112	370	170	204	94	0,999	84
9) M.S.	125	85	102,2	1,28	102	22	160	150	320	135	3,93	108
10) M.B.	130	70	95,8	1,1	142	88	504	146	280	120	1,21	120
11) E.W.	150	60	98,7	1,42	94	40	128	170	152	80	2,35	74
12) M.M.	170	90	124,4	1,55	144	168		512	588	60	0,26	128
m	148	87	111	1,31	117	75,8	195	234	267	148,5	1,72	98,4
	164	14	13,8	0,3	22,5	39,6	111	142	97,5	52,5	1,665	
m ± 1 σ	131,6	73	92,2	1,01	94,5	36,2	184	92	169,5	96	0,055	
	164,4	101	124,8	1,61	139,5	115,4	406	376	364,5	201	3,385	
m ± 2 σ	115,2	59	83,4	0,71	72	-3,4	73	-50	72	43,5	-1,61	
	180,8	115	138,6	1,91	162	155	517	518	462	253,5	5,05	

beträgt 234 msec, wie aus der Tabelle zu ersehen ist, wobei die Einzelwerte in hohem Maße streuen. Diese Feststellung gilt auch für die Vorhofauffüllungswelle, die durchschnittlich 267 msec dauert.

Die Tricuspidalöffnungszeit (II-D) ergibt Werte zwischen 60 msec und 200 msec, der Mittelwert liegt bei 148 msec.

b) Besprechung der Ergebnisse

Der Mitralöffnungston (MÖT) ist ein charakteristisches Symptom der Mitralstenose. Je schneller dieser auf den II. Herzton folgt, d.h. je kürzer die Mitralöffnungszeit ist, umso höher liegt der Druck im linken Vorhof (9). Die Mitralöffnungszeit wird von den meisten Autoren (9) als ein recht zuverlässiges Zeichen zur Einordnung des Schweregrades einer Mitralstenose angesehen. Nach WOLTER (44) werden Mitralöffnungszeiten zwischen 0,3 und 0,11 gefunden.

Mitralöffnungston

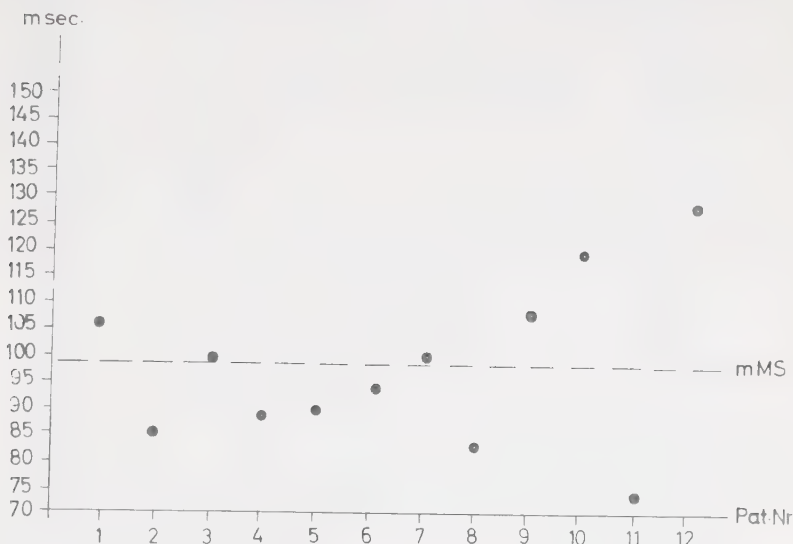


Abb. 11

Einzelwerte der Mitralöffnungszeit

Der Mittelwert der Mitralöffnungszeit (Abb. 11, Seite 27), den wir mit 98,4 msec ermittelten, liegt etwas über dem von HOLLDAK (18) angegebenen Mittelwert (0,07). Dies läßt darauf schließen, daß im Durchschnitt die Mitralstenose bei unseren Patienten hämodynamisch weniger wirksam ist bzw. der linksseitige Vorhofdruck niedriger liegt.

Die Diastolendauer (D) (Abb. 12) ist bei den Patienten mit Mitralstenosen u.a. durch die verminderte diastolische Einstrommenge in den linken Ventrikel (2) erheblich kleiner als bei den Gesunden. Die Differenz beträgt ca. 25 % (Tabelle IV, Seite 29). Für die Beurteilung des Schweregrades einer Mitralstenose ist diese Feststellung jedoch nur von untergeordneter Bedeutung, da die Diastolendauer (D) in sehr hohem Maße von der Pulsfrequenz abhängig ist. Eine andere Tatsache ist jedoch zu berücksichtigen, da hämodynamische Veränderungen systolischer Zeitphasen durch sie eine Erklärung finden können, nämlich die Beobachtung BLUMBERGER's (6) und JUNG's (21), daß die Diastolendauer

Diastolendauer

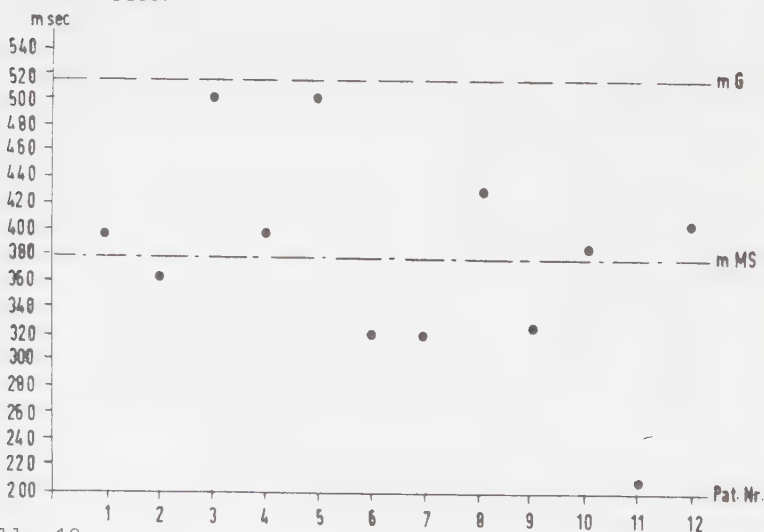


Abb. 12

Verhalten der Einzelbefunde der Diastolendauer (D)
bei Patienten mit Mitralstenose

(---- = Mittelwert der Herzgesunden)

(- - - = Mittelwert der Patienten mit Mitralstenose)

Tabelle IV: Verhalten einiger hämodynamischer Befunde bei Patienten mit Mitralklappenstenose gegenüber den normalen Streubereichen

	m Gesunde	G Gesunde	tiefere als m der Gesunden	im Bereich m-6 < m < m+6	oberh. d. Bereiches m+6 der Gesunden	m der Mi- tralstenose	proz. Verhalten der Mittelw. bei Mitralk- stenose gegenüber Herzgesunden
D	518	148	5	7		380	26,6 % tiefer
A + S	390	26,5	3	6	3	386	1,03 % tiefer
UZ	62,15	12,74		3	9	82,0	27,9 % höher
A	95,8	24		7 (2)	5	111	16 % höher
DAZ	30,425	11,75		9	3	33,2	11,7 % höher
Q	3,12	0,702	5	7		2,53	19,7 % tiefer
I	712	347		12		760	7 % höher
F	68,1	12,8		6	6	80,5	18,2 % höher
S rel.	101	4,2	6	3	3	98,5	2,4 % tiefer

(D) die nachfolgende Anspannungszeit (A) aber auch Aus-
treibungszeit (S) beeinflusst. Dies ist besonders von Be-
deutung für die Herzfehler, die gleichzeitig von einer ab-
soluten Arrhythmie begleitet werden, bei der ja die Dia-
stolendauer von Herzaktion zu Herzaktion mitunter ganz er-
heblich schwanken kann.

Die Mittelwerte der Gesamtsystolendauer (A + S) (Tabelle IV,
Seite 29) beider Gruppen differieren kaum. Die Differenz
von 4 msec im Durchschnitt liegt durchaus im Bereich des
nicht signifikanten Mittelwertunterschiedes. Eine Fest-
stellung von KLEIN (22), daß bei Mitralstenosen die Q-A₂-
Zeit, also die gesamte Systolendauer gegenüber Normalper-
sonen und besonders gegenüber Patienten mit Mitralinsuffi-
zienz verkürzt ist, können wir nicht bestätigen. Für die
Diagnose der Mitralstenose läßt sich also nach unseren Be-
funden aus der Dauer der Systole kein Rückschluß auf das
Bestehen einer Mitralstenose ziehen. Die Umformungszeit
(UZ) (Abb. 13) ist für die Feststellung einer Mitralstenose

Umformungszeit
msec

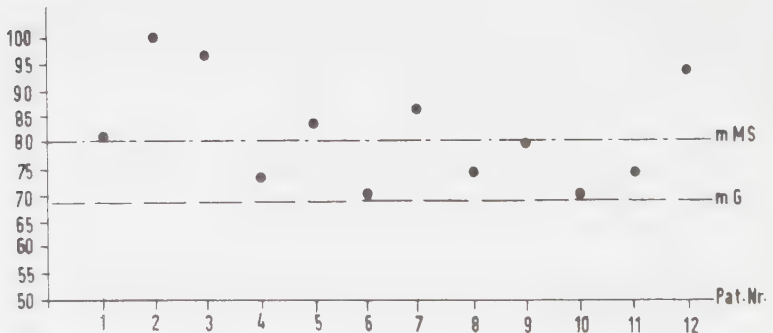


Abb. 13

Verhalten der Einzelbefunde der Umformungszeit (UZ)
bei Patienten mit Mitralstenose

(---- = Mittelwert der Herzgesunden (mG))

(--- = Mittelwert der Patienten mit Mitralstenose (mMS))

und deren hämodynamischen Wirksamkeit von großer Bedeutung. Die meisten Autoren (16, 17, 18, 44) finden bei Patienten mit einer Mitralstenose eine zum Teil erheblich verlängerte Umformungszeit. Die Mittelwerte unserer beiden Gruppen differieren um ungefähr 28 %, d.h. die Umformungszeit liegt bei Patienten mit einer Mitralstenose (Mittelwert 82,0) um 19,9 msec höher als bei der herzgesunden Vergleichsgruppe (62,1 msec). Dieser Befund wird dadurch erklärt, daß die Zeit, die benötigt wird, um die Mitralklappe zu schließen, länger dauert, d.h. der Anspannungston des linken Herzens fällt später ein, da bei der verminderten Füllung der für den Klappenschluß notwendige Druck später erreicht wird. Aber auch die Druckanstiegszeit (DAZ) liegt bei der Mitralstenose im Mittel höher als beim gesunden Vergleichskollektiv. Diese Feststellung wird damit erklärt, daß bei zunehmender Herzschwäche und Abnahme des Schlagvolumens kompensatorisch der diastolische Aortendruck etwas ansteigt und so auch die Druckanstiegszeit etwas länger wird (BLUMBERGER 6/7). Dagegen findet HOLLDACK (17, 18) bei den meisten kompensierten Mitralstenosen verkürzte Druckanstiegszeiten. Bei unreinen Mitralvitien mit Schädigung des Herzmuskels gibt aber auch er verlängerte Druckanstiegszeiten an.

Es ist verständlich, daß bei einer Tendenz zur Verlängerung von Umformungszeit (UZ) und Druckanstiegszeit (DAZ) auch die Summe dieser beiden Teilphasen, die Anspannungszeit (A), eine Verlängerung erfährt. Der Mittelwert der Mitralstenosepatienten ist gegenüber den Herzgesunden um 16 % erhöht (Abb. 14, Seite 32).

Es ist daher nicht verwunderlich, daß bei unseren Patienten in 5 von 12 Fällen die Anspannungszeit verlängert ist. Die verminderte Füllung des linken Ventrikels durch die Mitralstenose führt zu einer Abnahme der Austreibungszeit (S) (Tabelle V, Seite 32). Obgleich die Mittelwerte der

Anspannungszeit

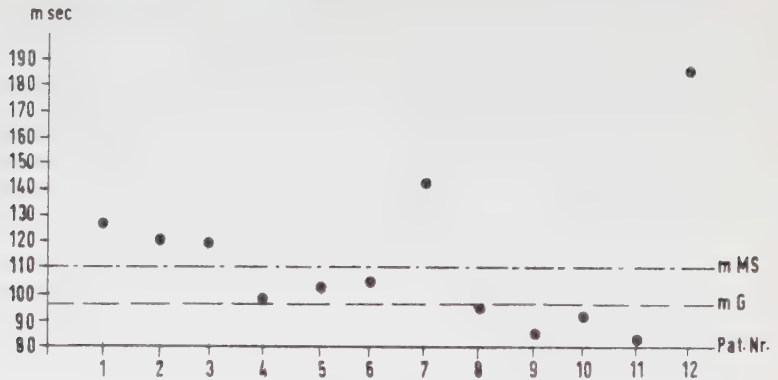


Abb. 14

Verhalten der Einzelbefunde der Anspannungszeit (A)
bei Patienten mit Mitralstenose

(---- = Mittelwert der Herzgesunden (mG))

(- - - = Mittelwert der Patienten mit Mitralstenose (mMS))

Tabelle V: Werte aus der Kreislaufdynamik und der Herz-
spitzenkurve bei Patienten mit Mitralstenose

	m/G	σ/G	tiefere als m-16	m-16 m m+16	höher als m + 16	m/MS	σ/MS	mMS %
S	295	24,7	4	7	1	272	34,9	8,5 % tiefer
TW/TA	0,498	0,1326			12	1,31	0,3	163 % höher
EZ	121	17,1	4(3)	4	4	117	22,5	3,42 % tiefer
sFz	110	27,4	8	2	2	75,8	39,6	31,1 % tiefer
Vs/sFz	1,01	0,37	3	5	(2)4	1,72	1,665	71 % höher

Austreibungszeit in beiden Gruppen nur geringfügig differieren, läßt sich doch eine Tendenz zur Verkürzung dieser Zeitphase bei den Mitralstenosen erkennen. FEIL und FORWARD (11) stellen zum Befund der Austreibungszeit bei der Mitralstenose fest, daß nur dann eine Verkürzung zu erwarten sei, wenn gleichzeitig eine Vorhofflimmerarrhythmie bestehe. Demgegenüber meint BLUMBERGER (6, 8), daß die Austreibungszeit nur dann unverändert bleibt, wenn sich der linke Ventrikel noch genügend füllen kann. Selbstverständlich ist auch zu berücksichtigen, daß mit Zunahme des Schweregrades der Mitralstenose gewöhnlich auch die Pulsfrequenz ansteigt, was wiederum zu einer Verkürzung der Austreibungszeit führt (26). Aus diesem Grunde sollte die Austreibungszeit nur in Zusammenhang mit der Frequenz beurteilt werden. Diese Forderung hat dazu geführt, daß der Begriff der relativen Austreibungszeit in Prozent der Norm eingeführt worden ist.

Der hämodynamische Quotient (S/A), der normalerweise zwischen 2,5 und 5,0 (MÜLLER) bzw. zwischen 2,7 und 4,4 (MAASS) und nach unseren eigenen Untersuchungen zwischen 2,3 und 5 liegt, wird von den meisten Autoren (5, 26b) bei der Mitralstenose verkürzt gefunden. Dies ist damit zu erklären, daß die Austreibungszeit bei der Mitralstenose eher eine Tendenz zur Verkürzung, die Anspannungszeit zur Verlängerung zeigt. In der Beurteilung des Blutdruckes bei Patienten mit Mitralstenosen ist lediglich der diastolische Wert interessant, da eine diastolische Druckzunahme auch zu einer Zunahme der Anspannungszeit und der Druckanstiegszeit führt (6). Eine Feststellung, die wir insofern bestätigen können, als in unserer Untersuchung bei den Patienten mit Mitralstenose sowohl der diastolische Blutdruck erhöht als auch die beiden Zeitwerte im Mittel verlängert sind.

Am besten läßt sich aus dem Winkelverhältnis (TW/TA) (Abb. 15, Seite 34) von Totalwinkel zu Füllungswinkel

Winkelverhältnis

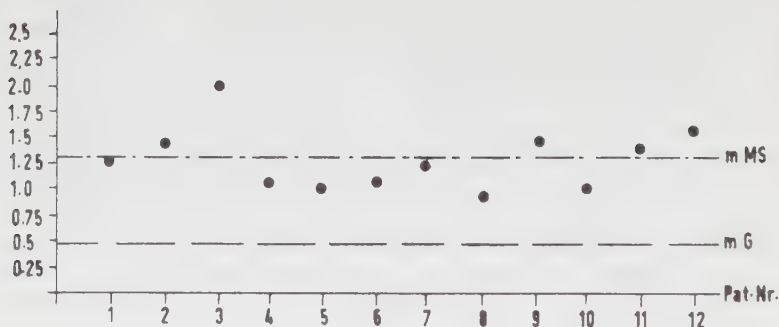


Abb. 15

Verhalten der Einzelbefunde des Winkelverhältnisses (TW/TA) bei Patienten mit Mitralstenose

(---- = Mittelwert bei Herzgesunden (mG))

(— — — = Mittelwert bei Patienten mit Mitralstenose (mMS))

eine Mitralstenose erkennen. Der Mittelwert unserer Patienten liegt mit 1,31 um 163 % höher als der Mittelwert der Gesunden (0,498) (Tabelle V, Seite 32). Der Mittelwert von 1,31 liegt ziemlich genau in der Mitte des Bereiches den KUNOS und BODOR (25) für Mitralstenosen angeben. Dagegen findet BENCHIMOL (3) einen Mittelwert von 1,7 und eine Streubreite von 0,6, also höhere Werte, als wir sie finden; allerdings können auch extracardiale Faktoren (19) die Herzspitzenkurve verändern.

Die diastolische Bedeutung der Tricuspidalöffnungszeit (II-D) (Abb. 16, Seite 35; Tabelle VI, Seite 35) liegt nach HOLLDAK darin, daß aus ihrer Dauer Rückschlüsse auf eine Druckerhöhung im kleineren Kreislauf gezogen werden können. Mit zunehmendem Pulmonaldruck steigt die Tricuspidalöffnungszeit an. Unsere Befunde bestätigen diese Feststellung, insofern der Mittelwert mit 148,5 msec bei Mitralstenosen sich deutlich vom Mittelwert der Herzgesunden (114 msec) abhebt. Daraus läßt sich also schließen, daß bei unseren Mitralstenosepatienten der Mittelwert des

Tricuspidalöffnungszeit

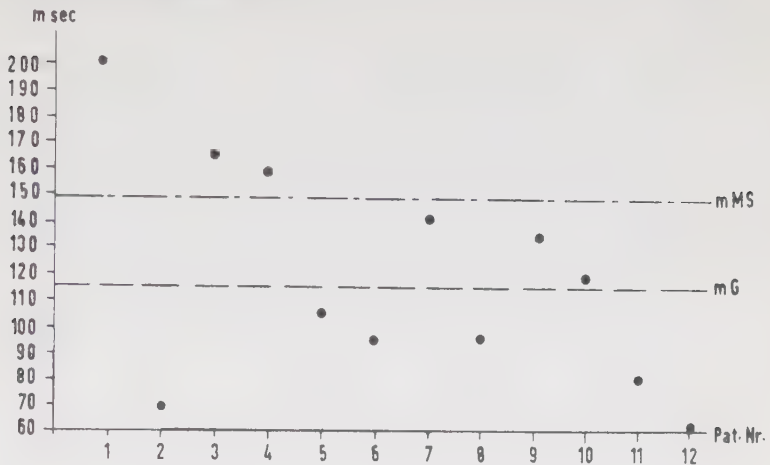


Abb. 16

Verhalten der Einzelbefunde der Tricuspidalöffnungszeit bei Patienten mit Mitralklappenstenose

(---- = Mittelwert bei Herzgesunden (mG))

(---- = Mittelwert bei Patienten mit Mitralklappenstenose (mMS))

Tabelle VI: Werte aus der Venenpulskurve und der Ösophagusuntersuchung bei Patienten mit Mitralklappenstenose

	m/G	$\bar{G}$	tiefere als $m - 1 \bar{G}$	$m - 1 \bar{G}$ $m < m + 1 \bar{G}$	höhere als $m + 1 \bar{G}$	m/MS	$\bar{G}$ MS	m MS %
II-D	114	32,2	3	6(2)	3	148,5	52,5	30,7 % höher
Am 1	1					1		
Am 2	1,014					1,34		32,6 % höher
Am 3	1,153					1,334		16,4 % höher
VK	315	140	3	5	1	295	111	6,3 % tiefer
VZ	179	70	1	6	4	234	142	30,7 % höher
VA	320	87	6	4	1	267	97,5	19,8 % tiefer

Druckes in der a.pulmonalis auch erhöht sein muß, was sich anhand der blutigen Druckmessungen, die bei allen unseren Patienten durchgeführt wurden, beweisen läßt.

Auch aus den Vorhofwellen lassen sich Rückschlüsse auf das Vorliegen einer Mitralstenose ziehen. Bei Herzgesunden läßt sich ein Amplitudenverhältnis von 1 (Vorhofkontraktionszacke) : 1,014 (Ventrikelkontraktionszacke) : 1,153 (Vorhofauffüllungswelle) nachweisen. Im Gegensatz dazu liegt das Verhältnis bei den Mitralstenosen bei 1 : 1,34 : 1,334, d.h. die Ventrikelkontraktionswelle und die Vorhofauffüllungswelle liegen bei unseren Patienten im Durchschnitt höher. Aus dem Verhältnis lassen sich also Folgerungen auf das Vorliegen einer Mitralstenose und ihre hämodynamische Bedeutung ziehen.

Ähnliche Befunde sind bereits bei FRIESE (12) beschrieben worden. Für die Untersuchung der Zeiten, die die verschiedenen Vorhofwellen andauern, sind lediglich die Dauer der Ventrikelkontraktionswelle und die Dauer der Vorhofauffüllungswelle interessant. Denn sie allein unterscheiden sich in ihrem Mittelwert von den Werten des gesunden Patientengutes.

Die Bedeutung der verschiedenen mechanokardiographischen Meßgrößen liegt darin, daß sie als zusätzliche quantitative Symptome die klinischen Befunde ergänzen und uns die Beurteilung der Hämodynamik eines Mitralklappenfehlers bezüglich ihrer Differentialdiagnose erleichtern. Zwar ist es nicht in allen Fällen möglich, die Herzkatheterisierung für die endgültige Indikationsstellung einer operativen Korrektur zu entbehren, sie erübrigt aber in fast allen Fällen eine Kontrolluntersuchung im Verlauf der Erkrankung bzw. nach der Durchführung des operativen Eingriffs. Sie lassen also Tendenz des klinischen Verlaufs und Erfolg einer Behandlung erkennen. (Tabelle VII, Seite 37)

Tabelle VII: Änderung verschiedener herz- und kreisdynamischer Parameter nach Kommissurotomie

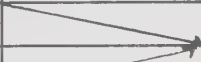
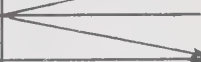
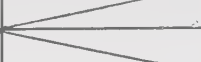
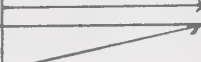
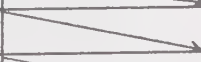
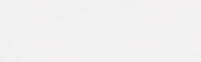
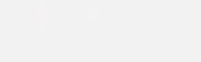
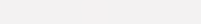
	vor	nach	Tendenz
D	320	300	
A + S	355	378	
UZ	86	63	
S	212	267	
A	143	111	
DAZ	57	48	
Q	1,54	2,405	
T	675	678	
F	89	88,4	
S rel	83	101	
c	5,8	6,05	
Ps/Pd	150/110	150/70	
Pm	127,2	104,4	
TW/TA	1,25	0,61	
Am	1:2,9:1,2	1:1,43:1,7	
VK	344	110	
VZ	252	140	
VA	156	100	
II - D	140	110	
sFz	68	96	

Tabelle VIII: Zusammenfassung der Befunde bei Mitralklappenstenose

● pathologisch ● verdächtig — = untypisch

	D	A+S	UZ	S	A	DAZ	Q	T	F	Srel	Pm	TW' T _{1A}	EZ	sFz	Am	Vk	VZ	VA	II-D
1RB	●	—	●	—	●	●	●	—	—	—	●	●	—	●	—	—	—	—	●
2CR	●	—	●	—	●	—	—	—	●	—	●	●	—	●	●	—	—	●	—
3HG	—	—	●	—	●	—	●	—	—	—	●	●	—	—	●	—	●	—	●
4KB	●	●	●	—	—	—	—	—	●	—	●	●	—	●	—	—	—	—	●
5KK	—	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	●	—	—	—	●	—
6AK	●	—	●	—	—	—	●	—	●	—	●	●	—	●	●	—	●	●	—
7BB	●	●	●	●	●	●	●	—	●	—	●	●	—	●	●	—	●	●	—
8AM	●	—	●	—	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—	●	—	—	●	—
9MS	●	—	●	—	—	—	—	—	●	—	—	●	—	●	—	—	—	—	—
10MB	●	—	●	—	—	—	—	—	●	—	—	●	—	—	●	—	—	—	—
11EW	●	●	●	●	—	—	—	—	●	—	—	●	—	●	—	—	—	●	—
12MM	●	—	●	—	●	●	●	—	—	—	●	●	—	—	—	—	●	—	—

D) Zusammenfassung

Bei 204 herzgesunden Probanden und 12 Patienten mit einer Mitralstenose werden gleichzeitig alle wichtigen mechanokardiographischen Untersuchungen durchgeführt. Es wird untersucht, welche Bedeutung die verschiedenen mechanokardiographischen Untersuchungsmethoden und insbesondere die aus ihnen abgeleiteten herzdynamischen Meßgrößen haben.

Folgende Befunde wurden erhoben:

1. Die verschiedenen Meßgrößen bei Herzgesunden unterschieden sich kaum von den Angaben in der Literatur.
2. Zur Diagnose der Mitralstenose und zur Beurteilung ihrer Hämodynamik eignen sich besonders die Umformungszeit, die Anspannungszeit, das Winkelverhältnis in der Füllungszeit der Herzspitzenstoßkurve (TW/TA), das Amplitudenverhältnis der Vorhofkontraktionswelle, der Ventrikelkontraktionswelle und der Vorhofauffüllungswelle sowie die zeitliche Dauer der Vorhofauffüllungswelle.
3. Die Bedeutung der Methode liegt in der Ergänzung klinischer Befunde durch zahlenmäßig erfaßbare Werte. Besonders wichtig sind sie für die Verlaufskontrolle einer Mitralstenose sowie für die Beurteilung des Therapieerfolges. Eine Nachkatheterisierung ist daher grundsätzlich nicht mehr nötig.

Literaturverzeichnis

1. ALTMANN, R.

Die Technik der graphischen Venenpulsregistrierung
und ihre Bedeutung für die Prüfung der Herzfunktion,
in:
WEBER, A. und KJ. BLUMBERGER, Kreislaufmessungen,
München-Gräfelfing 1958

2. BAYER, O., F. LOOGEN, H. WOLTER, R. RIPPERT und D. AUGATH

Zur Pathophysiologie und Klinik der Mitralstenose
I. Mitt., Arch. f. Kreislaufforsch. 21, 383 (1954)

3. BENCHIMOL, A.

Diastolic Movements of the Precordium in Mitral
Stenosis and Regurgitation
Amer. Heart J. 60, 417 (1960)

4. BJÖRK, V.C., G. MALMSTRÖM und L.G. UGGLA

Left auricular pressure measurements in man
App. Surg. 138, 718 (1953)

5. BLUMBERGER, KJ.

Die Herzdynamik bei erworbenen Klappenfehlern
Verh. dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 20, 43 (1954)

6. BLUMBERGER, KJ.

Die Anspannungszeit und Austreibungszeit beim
Menschen
Arch. f. Kreislaufforsch. 6, 203 (1940)

7. BLUMBERGER, KJ.

Die Herzdynamik in der klinischen Diagnostik,
in:
WEBER, A. und KJ. BLUMBERGER, Kreislaufmessungen,
München-Gräfelfing 1958

8. BLUMBERGER, KJ.

Die Dynamik des insuff. linken Herzens
Klin. Wschr. 26, 353 (1948)

9. EINERT, H.J.

Über die Beziehungen der Mitralöffnungszeit zur
mittleren Geschwindigkeit des vorderen Mitral-
klappensegels im Ukg bei Mitralvitien
Z. Kreislaufforschg. 57, 848 (1968)

10. EMMICH, J., H. KLEPZIG und H. REINDELL

Zur Frage der klinischen Bedeutung einer Unter-
teilung der Anspannungszeit des linken Ventrikels
in Umformungszeit und Druckanstiegszeit
Arch. f. Kreislaufforschg. 24, 177 (1956)

11. FEIL, H. und D. FORWARD

Clinical Observations on Dynamics of Ventricular
Systole in Mitral Insufficiency and Mitral Stenosis
Amer. Heart J. 8, 471 (1933)

12. FRIESE, G.

Über das Ösophagoatriogramm des Herzgesunden
und Herzkranken
Arch. f. Kreislaufforschg. 22, 288 (1955)

13. FRUCHT, AD. H.

Der Aortenquerschnitt des Menschen in Abhängigkeit
von Alter, Geschlecht, Körpergröße und mittlerem
Blutdruck
Z. Kreislaufforschg. 42, 401 (1953)

14. GORLIN, R., B.J. LEWIS, F.W. HAYNES und L. DEXTER

Studies of the circulatory dynamics at rest in
mitral valvular regurgitation with and without
stenosis
Amer. Heart J. 43, 357 (1952)

15. GROSSER, K.D.

Zur Erfassung der Linksüberlastung des Herzens
mit Hilfe der Ösophagoatriographie
Arch. f. Kreislaufforschg. 46, 167 (1954)

16. GROSSE-BROCKHOFF, F., K. KAISER und F.LOOGEN

Handbuch der Inneren Medizin
4. Auflage, Band 9/II. Teil
Mitralstenose S. 1299-1396
Spezielle Untersuchungsmethoden 1242-1282
Springer Verlag 1960

17. HOLLDACK, K.

Die Bedeutung der Umformungszeit und Druckan-
stiegszeit für die Herzdynamik
Dtsch. Arch. Klin. Med. 198, 71-90 (1951)

18. HOLLDACK, K. und D. WOLF

Atlas und kurzgefaßtes Lehrbuch der Phonokardio-
graphie
Thieme-Verlag Stuttgart, 1966, 3. Auflage

19. JAWORSKY, V.

Theoretische und praktische Probleme der
Kardiographie
Z. Kreislaufforschg. 53, 188 (1964)

20. JOHNSTON, F.D. und D.C. OVERY

Vibrations of Low Frequency over the Precordium
Circulation 3, 579 (1951)

21. JUNG, K., H. JUNGMAHN und H. NEUMANN

Über die Beziehung zwischen Diastolendauer und Aus-
treibungszeit bei Gesunden und Patienten mit Herz-
und Kreislaufkrankheiten
Z. Kreislaufforsch. 57, Heft 9, 832 (1967)

22. KLEIN, W. und J. KRAFT

Das Q-A₂-Intervall bei Mitralfehlern
Z. Kreislaufforsch. 57, 894 (1968)

23. KNEBEL, R. und TH. OCKENGA

Praktische Anwendbarkeit der oszillometrischen
Messung des linken Vorhofdruckes
Med. Klinik 57, 1541 (1962)

24. KNEBEL, R. und TH. OCKENGA

Zur Differentialdiagnose vorwiegender Mitrals-
stenose und überwiegender Mitralinsuffizienz
Verh. dtsch. Ges. inn. Med. 67, 394 (1961)

25. KUNOS und BODOR

Die Formeigenschaften der Herzspitzenkurve
bei Mitralvitien
Z. Kreislaufforsch. Band 55, Heft 10 (1966)

26 a. LANG, E.

Einfluß der Pulsfrequenz auf die Kreislauf-
phasen des Herzens
Z. Kreislaufforsch. 54, 479 (1965)

26 b. LANG, E.

Die Bedeutung indirekter sphygmographischer
Meßmethoden

5. Freiburger Colloquium für Kreislaufforschungen 1965

27. LASSER, R.P. und L. LOEWE

Esophageal pressure pulse patterns

Amer. Heart J. 44, 531 (1952)

28. LINKE, H.

Die physikalische Kreislaufanalyse,

in:

WEBER, A. und KJ. BLUMBERGER, Kreislaufmessungen,
München-Gräfelfing 1958

29. LUISADA, A.

The low frequency tracings of the precordium and
epigastrium, innormal subjects and cardiac patients
Amer. Heart J. 44, 545 (1952)

30. MAASS, U.

Über ein Verfahren zur Messung der Anspannungszeit
und Austreibungszeit beim Menschen

Z. Kreislaufforschg. 38, 228-238 (1949)

31. MEINERS, S.

Meßmethoden zur Analyse der Herz- und Kreislauf-
dynamik, in:

WEBER, A. und KJ. BLUMBERGER, Kreislaufmessungen,
München-Gräfelfing 1958

32. MILLAHN, H.P.

Die Kontraktionsphasen des juvenilen Herzens
und ihre Beziehungen zur Hämodynamik

Z. Kreislaufforschg. 53, 178 (1964)

33. MINKOWSKI, O.

Deutung von Herzarrhythmien mittels des Ösophago-
kardiogramms

Zeitschr. Klin. Med. 62, 371 (1907)

34. MINKOWSKI, O.

Die Registrierungen der Herzbewegungen am linken
Vorhof

Dtsch. Med. Wschr. 1248 (1906)

35. OCKENGA, TH.

Die Änderungen des ösophagealen Form- und Stufen-
Oszillogramms durch Mitralkommissurotomie

Dtsch. Ges. f. Kreislaufforsch. 28, 357
(Darmstadt 1960)

36. RAUTENBERG, E.

Die Registrierung der Vorhofpulsation von
der Speiseröhre aus

Dtsch. Arch. Klin. Med. 91, 257 (1907)

37. REINDELL, H. und H. KLEPZIG

Untersuchungen über die Anspannungszeit und
Austreibungszeit des Herzens bei Herzmuskelschä-
digung und bei veränderter Kreislaufregulation

Z. Kreislaufforsch. 38, 129 (1949)

38. SCHÜTZ, E.

Physiologie des Herzens

Springer Verlag 1958

39. STAUDACHER, W.

Über oszillatorische Druckmessungen am linken
Vorhof des Menschen

Zeitschr. Ges. exper. Med. 84, 329, 529, 549 (1932)

40. TAQUINI, A.C.

Exploracion del corazon par via esofagica
Buenos Aires, El Ateneo (1936), zitiert in 41.

41. TAQUINI, A.C.

The esophagical pulse under normal and
abnormal conditions
Amer. Heart J. 20, 129 (1940)

42. VAN DEN HEUVEL-HEYMANS, G.M.

Courbes de pression dans l'oreillette gauche
Enregistrements par voie oesophagienne et directe
Acta Cardiologica 7, 537 (1952)

43. VAN DEN HEUVEL-HEYMANS, G.M.

Pressure Curves of the left atrium intracavitary
and oesophageal registrations; their value in the
diagnosis of mitral defects
Acta Cardiologica 10, 115 (1955)

44. WOLTER, H., O. BAYER und J. QUERMANN

Zur Beurteilung des Schweregrades von Mitralstenosen
Z. Kreislaufforschg. 44, 177 (1955)

45. ZOOB, M.

The oesophageal pulse in mitral valve disease
Brit. Heart J. 16, 39 (1954)

Für die Anregung zu diesem Thema
sowie für die stets gewährte Hilfe
danke ich meinem sehr verehrten Lehrer,
Herrn Dr. med. Erich Lang, auf diesem
Wege sehr herzlich.

Weiterhin bin ich Herrn Prof. C. Korth
für die freundliche Übernahme des Referates
in Dankbarkeit verbunden.

Lebenslauf

Am 6. März 1943 wurde ich als Sohn des Postoberamtsrates Friedrich Behnsen und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Fischer, in Hannover geboren. Nach Besuch der Grundschule und des mathematisch-naturwissenschaftlichen Zweiges des Schiller-Gymnasiums legte ich am 8. März 1962 die Reifeprüfung in Hameln/Weser ab. Für eine mikrobiologische Arbeit erhielt ich 1962 vom Verbands Deutscher Biologen den Heinrich-Hörlein-Preis zugesprochen (Prof. Kaplan - Deutsches Museum München).

Nach zweijähriger Militärzeit begann ich mein Medizinstudium 1964 in Freiburg/Breisgau und setzte es ab Sommersemester 1965 in Erlangen fort, wo ich nach dem 5. Semester das Physikum ablegte. Am 11. Febr. 1970 bestand ich das medizinische Staatsexamen.



Buchdruckerei Ludwig Müller Erlangen Fahrstraße 5